
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2015/2016

December 2015 / January 2016

EME 451 – Computational Fluid Dynamics
[Pengkomputeran Dinamik Bendalir]

Duration : 2 hours
Masa : 2 jam

Please check that this paper contains **SIX** printed pages, **ONE** page Appendix and **FOUR** questions before you begin the examination.

*[sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **ENAM** mukasurat beserta **SATU** mukasurat Lampiran dan **EMPAT** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

Appendix/Lampiran :

1. Useful formulas [1 page/mukasurat]

INSTRUCTIONS : Answer **ALL** questions.

[ARAHAN : Jawab SEMUA soalan.]

Answer Questions In English OR Bahasa Malaysia.

[Jawab soalan dalam Bahasa Inggeris ATAU Bahasa Malaysia.]

Answer to each question must begin from a new page.

[Jawapan bagi setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

...2/-

- Q1. Summarize the mathematical and physical differences between compressible and incompressible flow. How are these differences reflected in typical CFD codes/software for these two situations? List down at least 10 arguments.**

Rumuskan perbezaan matematik dan fizikal antara aliran mampat dan tidak mampat. Bagaimana perbezaan ini membentuk kod-kod komersial CFD? Senaraikan sekurang-kurangnya 10 fakta.

(100 marks/markah)

- Q2. The following scalar equation models the fluid transport in 1D.**

Persamaan berikut merupakan model pergerakan bendalir dalam 1D.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + a \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

- [a] We propose the following numerical method in Eq. (2) to solve Eq. (1). Determine the scheme's order of accuracy.**

Kami mencadangkan kaedah berangka dalam Persamaan (2) untuk menyelesaikan Persamaan (1). Tentukan tahap ketepatan skema yang digunakan.

$$\frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{\Delta t} + a \frac{u_{j+1}^n - u_{j-1}^n}{2\Delta x} = 0 \quad (2)$$

(25 marks/markah)

- [b] Using von Neumann analysis, show that the method proposed in Eq. (2) is unconditionally unstable. Provide a brief physical explanation to this situation.**

Dengan menggunakan analisis von Neumann, tunjukkan kaedah Persamaan (2) adalah tidak stabil dalam semua keadaan. Berikan penerangan fizikal secara ringkas mengapa situasi ini berlaku.

(25 marks/markah)

- [c] **Propose a simple fix to the numerical method in Eq. (2) to make it stable while still maintaining the spatial order of accuracy. Write down the overall numerical method.**

Cadangkan satu cara mudah untuk kaedah berangka dalam Persamaan (2) bagi memastikan ia adalah stabil dan masih mengekalkan ketepatan ruang yang sama . Tuliskan secara keseluruhan kaedah berangka tersebut.

(25 marks/markah)

- [d] **Without using von Neumann analysis, explain why the method in [c] is stable.**

Tanpa menggunakan analisis von Neumann, terangkan mengapa kaedah [c] adalah stabil.

(25 marks/markah)

- Q3. [a] Discuss three main steps of finite volume algorithm.**

Bincangkan tiga langkah-langkah utama dalam algoritma isipadu terhingga.

(10 marks/markah)

- [b] Using Rheological equation/model approach, derive the momentum Equation 4 from Equation 3 for flowing fluid.**

Dengan menggunakan pendekatan persamaan/model Reologi, terbitkan Persamaan momentum 4 daripada Persamaan momentum 3 untuk bendalir mengalir.

$$\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + \rho g_x = \rho \frac{Du}{Dt} \quad (3)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \right) + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) = \rho \frac{Du}{Dt} \quad (4)$$

(55 marks/markah)

...4/-

- [c] **Derive the Tri-diagonal Matrix Algorithm (TDMA) for steady 1-Dimensional (1-D) conduction problem and discuss the summary of TDMA.**

Takrifkan “Tri-diagonal Matrix Algorithm (TDMA)” untuk masalah 1-Dimensi (1-D) konduksi malar dan bincangkan kesimpulan TDMA.

(35 marks/markah)

- Q4. [a] Give a reason how reverse flow occurs in CFD simulation. Give a solution to overcome reverse flow problem.**

Berikan satu sebab kenapa aliran balik berlaku dalam simulasi CFD. Cadangkan satu penyelesaian untuk mengatasi masalah aliran balik.

(10 marks/markah)

- [b] Explain grid independence test and why it is important in CFD.**

Terangkan ujian grid kebebasan dan kenapa ia sangat penting dalam CFD.

(10 marks/markah)

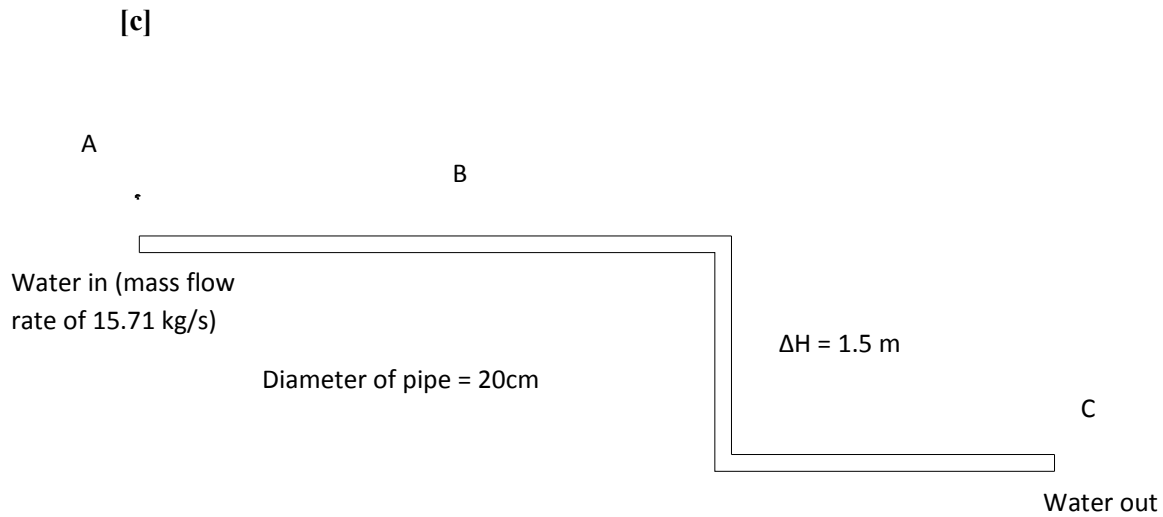


Figure Q4[c]
Rajah S4[c]

A CFD simulation has been executed in order to determine pressure drop inside pipe. A cold water ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$, $\mu =1.519 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$) flows through the pipe (diameter of 20cm).

Satu simulasi CFD telah dijalankan untuk menentukan kejatuhan tekanan dalam paip. Air dingin ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$, $\mu =1.519 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$) mengalir melalui satu paip (berdiameter 20 sm).

[i] Name an appropriate boundary condition at each boundary A, B and C.

Namakan keadaan sempadan yang sesuai untuk setiap sempadan A, B dan C.

[ii] Determine the type of flow regime inside the pipe.

Tentukan jenis regim aliran dalam paip.

- [iii] Name one turbulent model for this type of flow regime and explain a reason for your answer.**

Namakan satu model turbulen untuk aliran ini dan terangkan satu alasan kepada jawapan anda.

- [iv] If this CFD simulation result is compared with experimental result, do they show same pressure drop? Explain your answer.**

Sekiranya keputusan simulasi CFD ini dibandingkan dengan keputusan eksperimen, adakah mereka menunjukkan nilai kejatuhan tekanan yang sama? Terangkan jawapan anda.

(70 marks/markah)

- [d] List all the basic steps in CFD.**

Senaraikan semua langkah-langkah asas dalam CFD.

(10 marks/markah)

Appendix
Lampiran

Useful formula

$$f(x \pm \Delta x) = f(x) \pm \Delta x f'(x) + \frac{\Delta x^2}{2} f''(x) \pm \frac{\Delta x^3}{6} f'''(x) + \frac{\Delta x^4}{24} f''''(x) + O(\Delta x^5) \quad (1)$$

$$u_j^n = G^n e^{ij\theta} \quad (2)$$